

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Sektor energi global saat ini menghadapi tantangan multidimensional yang ditandai oleh tingginya ketergantungan terhadap sumber energi fosil yang tidak terbarukan, yang berdampak pada meningkatnya kerentanan pasokan energi jangka panjang serta degradasi lingkungan akibat emisi gas rumah kaca (IEA, 2023; IPCC, 2022). Emisi tersebut berkontribusi signifikan terhadap pemanasan global dan perubahan iklim, sehingga mendorong perlunya transformasi sistem energi menuju sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan (IPCC, 2022). Dalam konteks tersebut, transisi menuju energi terbarukan menjadi suatu keniscayaan yang tidak dapat ditunda (IEA, 2023). Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar adalah biomassa, khususnya yang berasal dari limbah pertanian, karena dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif sekaligus mengurangi permasalahan limbah (FAO, 2021). Indonesia sebagai negara agraris memiliki keunggulan komparatif berupa ketersediaan limbah pertanian dalam jumlah besar, yang apabila dikelola secara optimal dapat mendukung pengembangan energi biomassa yang berkelanjutan dan memperkuat ketahanan energi nasional (Kementerian ESDM, 2022).

Salah satu jenis limbah pertanian yang sangat melimpah adalah sekam padi, yang merupakan produk samping dari proses penggilingan padi dan tersebar luas di berbagai daerah penghasil beras di Indonesia. Sekam padi memiliki kandungan energi yang cukup tinggi dan berpotensi diolah menjadi bahan bakar biomassa. Menurut Suryadi (2023) dalam penelitiannya, sekam dapat dipakai sebagai campuran pakan, alas kandang, dicampur di tanah sebagai pupuk, dibakar, atau arangnya dijadikan media tanam. Namun, pemanfaatannya secara langsung masih menghadapi berbagai kendala teknis, seperti densitas energi yang rendah, sifat hidrofobik yang menyulitkan penyimpanan dan transportasi,

serta kadar abu yang tinggi yang dapat menurunkan efisiensi pembakaran dan mempercepat kerusakan alat pembakar. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan teknologi pengolahan yang dapat meningkatkan kualitas sekam padi sebagai bahan bakar padat. Salah satu teknologi yang berkembang saat ini adalah pembuatan biopelet, yaitu proses densifikasi biomassa menjadi pelet kecil yang seragam dan padat, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam pembakaran, penyimpanan, dan distribusi. Biopelet dari sekam padi menawarkan potensi besar untuk menggantikan sebagian penggunaan bahan bakar fosil, asalkan kendala teknisnya dapat diatasi dengan metode yang tepat.

Usaha mengatasi keterbatasan teknis biomassa mentah seperti sekam padi, salah satu pendekatan teknologi yang dinilai efektif adalah torefaksi. Torefaksi merupakan proses termokimia yang dilakukan pada suhu antara  $200\text{-}300^{\circ}\text{C}$  dalam kondisi atmosfer miskin oksigen, dengan tujuan untuk memodifikasi sifat fisik dan kimia dari biomassa. Proses ini memungkinkan pengurangan kadar air dan senyawa volatil dalam bahan, serta meningkatkan nilai kalor dan sifat hidrofobisitasnya. Biomassa yang telah mengalami torefaksi juga menjadi lebih rapuh dan mudah dihancurkan, sehingga mempermudah proses densifikasi menjadi pelet. Transformasi karakteristik ini tidak hanya membuat biomassa lebih mudah diproses, tetapi juga meningkatkan kualitas pembakarannya, menjadikannya lebih menyerupai batubara dalam hal performa energi. Beberapa studi telah menunjukkan efektivitas torefaksi dalam meningkatkan performa biomassa sebagai bahan bakar. Sebagai contoh, penelitian oleh Chen et al. (2015) membuktikan bahwa torefaksi pada suhu  $280^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit mampu meningkatkan nilai kalor biomassa hingga 20%. Terlepas dari keberhasilan torefaksi dalam berbagai studi, penerapannya secara spesifik pada sekam padi khususnya pada suhu operasi  $250^{\circ}\text{C}$  masih belum banyak dieksplorasi. Padahal, suhu ini berpotensi menjadi titik optimum untuk mempertahankan efisiensi energi dan kestabilan struktur biomassa selama proses. Oleh karena itu, penelitian

lebih lanjut mengenai pengaruh torefaksi pada sekam padi dalam konteks produksi biopelet sangat dibutuhkan guna mengembangkan strategi pengolahan limbah pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Selain torefaksi, strategi lain yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kualitas biopelet adalah dengan menambahkan aditif, salah satunya adalah zeolit alam. Zeolit dikenal luas dalam bidang kimia dan lingkungan karena sifatnya yang unik sebagai adsorben, katalis, dan penukar ion. Bahan bakar biomassa, zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap senyawa-senyawa berbahaya dan logam berat yang terbentuk selama proses pembakaran, serta dapat meningkatkan efisiensi reaksi pirolisis dan pembakaran dengan memperbaiki struktur pori dan distribusi panas. Beberapa penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh telah menunjukkan bahwa penambahan zeolit dalam biomassa dapat menurunkan emisi gas berbahaya seperti  $\text{NO}_x$  dan  $\text{SO}_x$ , menurunkan kadar abu, serta meningkatkan stabilitas termal bahan bakar padat. Penggunaan zeolit dalam pembuatan biopelet sekam padi yang telah melalui proses torefaksi memiliki potensi ganda: tidak hanya memperbaiki karakteristik pembakaran, tetapi juga menurunkan dampak lingkungan dari proses pembakaran itu sendiri. Namun demikian, hingga saat ini masih sangat sedikit kajian yang secara eksplisit mengeksplorasi integrasi antara proses torefaksi pada suhu 250°C dengan penambahan zeolit alam dalam pembuatan biopelet sekam padi. Kajian semacam ini penting untuk mengetahui interaksi sinergis antara metode fisik (torefaksi) dan kimia (aditif zeolit) terhadap karakteristik akhir produk, baik secara fisik, kimia, maupun termal. Oleh karena itu, penggabungan kedua pendekatan ini menjadi fokus penting dalam upaya inovatif pengembangan energi biomassa yang efisien dan ramah lingkungan.

Penelitian ini dibangun di atas fondasi kuat dari berbagai studi terdahulu yang telah membahas secara terpisah tentang torefaksi, pembuatan biopelet, dan penggunaan zeolit sebagai aditif dalam bahan bakar padat. Akan tetapi, terdapat celah yang cukup besar dalam integrasi

ketiga komponen tersebut, khususnya dalam konteks pengolahan limbah sekam padi. Kebanyakan penelitian torefaksi lebih menitikberatkan pada pengaruh variasi suhu dan waktu terhadap biomassa secara umum, namun belum secara mendalam mengkaji penerapannya pada sekam padi pada suhu spesifik  $250^{\circ}\text{C}$ , terutama untuk tujuan produksi biopelet. Di sisi lain, walaupun zeolit telah dikenal sebagai aditif yang efektif dalam menurunkan emisi dan memperbaiki performa pembakaran, studi yang mengevaluasi pengaruh zeolit terhadap biopelet sekam padi yang telah ditorefaksi sangat terbatas. Kebanyakan kajian hanya berfokus pada salah satu pendekatan, yaitu antara torefaksi atau penambahan aditif, tanpa mempertimbangkan potensi sinergi jika keduanya digabungkan dalam satu sistem pengolahan. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian yang komprehensif dan terintegrasi untuk mengeksplorasi secara sistematis bagaimana torefaksi pada suhu  $250^{\circ}\text{C}$  dan penambahan zeolit dapat bekerja secara sinergis dalam meningkatkan kualitas biopelet sekam padi. Penelitian semacam ini tidak hanya akan menjawab celah dalam literatur ilmiah, tetapi juga memiliki nilai terapan yang tinggi bagi pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia.

Memperhatikan pentingnya pengembangan energi alternatif berbasis biomassa serta potensi besar sekam padi yang masih belum dimanfaatkan secara maksimal, penelitian ini akan difokuskan pada eksplorasi metode kombinasi torefaksi pada suhu  $250^{\circ}\text{C}$  dengan penambahan zeolit alam dalam proses pembuatan biopelet sekam padi. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan biopelet yang memiliki karakteristik fisik yang lebih padat dan seragam, sifat kimia yang lebih stabil, serta performa termal yang lebih baik dibandingkan biopelet konvensional. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih dalam mengenai interaksi antara proses termokimia torefaksi dan sifat katalitik zeolit, yang secara bersama-sama dapat meningkatkan kualitas bahan bakar biomassa secara signifikan. Selain memberikan kontribusi pada pengembangan sains dan teknologi

bahan bakar terbarukan, hasil dari penelitian ini juga dapat memberikan solusi praktis dalam pengelolaan limbah pertanian di Indonesia.

Secara lebih luas, penelitian ini diharapkan mampu memberikan alternatif energi yang lebih ramah lingkungan, mendukung diversifikasi sumber energi nasional, serta berkontribusi terhadap pencapaian target pengurangan emisi karbon dalam rangka menghadapi tantangan perubahan iklim global. Maka dari itu penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Metode Penerapan Torefaksi Pada Temperatur 250°C Pembuatan Biopelet Dari Campuran Sekam Padi dan Zeolit Alam”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka diperoleh beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi zeolit alam (0%, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji kadar air biopelet dari sekam padi?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi zeolit alam (0%, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji nilai kalor biopelet dari sekam padi?
3. Bagaimana pengaruh variasi komposisi zeolit alam (0%, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji laju pembakaran biopelet dari sekam padi?

## **1.2 Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka terdapat batasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan baku penelitian adalah sekam padi dengan variasi ukuran 60 mesh dan 80 mesh.
2. Bahan campuran biopelet sekam padi adalah zeolit alam jenis clinoptilolite dengan variasi komposisi (0%, 5%, 10%, dan 15%).
3. Variasi ukuran zeolit yang digunakan 60 mesh dan 80 mesh.
4. Metode penelitian adalah torefaksi pada temperatur 250 °C
5. Uji yang dilakukan adalah uji nilai kadar air, iji nilai kalor, dan uji laju pembakaran.
6. Tempat Penelitian : Lab. Dasar Universitas Muhammadiyah Jember dan Lab. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka diperoleh tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi komposisi zeolit alam (0%, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji kadar air biopelet dari sekam padi.
2. Mengetahui pengaruh variasi komposisi zeolit alam (0%, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji nilai kalor biopelet dari sekam padi.
3. Mengetahui pengaruh variasi komposisi zeolit alam (0%, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji laju pembakaran biopelet dari sekam padi.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak. yaitu:

#### 1. Peneliti

Penelitian ini memberikan pengalaman akademik serta peningkatan pemahaman terkait penerapan metode trefaksi pada pengolahan biomassa sekam padi menjadi biopelet. Penelitian ini juga menjadi sarana pengembangan kemampuan peneliti dalam merancang, melaksanakan, serta menganalisis penelitian eksperimental, khususnya pada bidang energi terbarukan berbasis biomassa. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan kajian lanjutan terkait optimasi kualitas biopelet.

#### 2. Lembaga Perguruan Tinggi

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah keilmuan dan referensi ilmiah pada bidang teknik mesin, khususnya terkait pengembangan energi terbarukan berbasis biomassa. Penelitian ini juga dapat mendukung peran perguruan tinggi dalam pengembangan riset aplikatif serta menjadi bahan pertimbangan bagi institusi dalam mendorong inovasi pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan.

### 3. Pembaca

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi dan pemahaman mengenai pengaruh metode torefaksi pada temperatur 250°C serta penambahan zeolit alam terhadap karakteristik biopelet sekam padi. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, maupun praktisi sebagai bahan kajian atau acuan awal dalam pengembangan teknologi biopelet serta pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi alternatif.

